

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2002年 9月11日

出願番号

Application Number:

特願2002-265170

[ST.10/C]:

[JP2002-265170]

出願人

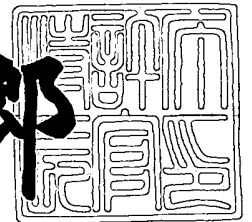
Applicant(s):

パイオニア株式会社

2003年 6月24日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3049482

【書類名】 特許願

【整理番号】 57P0075

【提出日】 平成14年 9月11日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 51/00
G09F 9/30

【発明の名称】 有機半導体素子

【請求項の数】 12

【発明者】

 【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号 パイオニア株式会社 総合研究所内

 【氏名】 永山 健一

【発明者】

 【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号 パイオニア株式会社 総合研究所内

 【氏名】 中村 健二

【特許出願人】

 【識別番号】 000005016

 【氏名又は名称】 パイオニア株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100079119

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 藤村 元彦

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 016469

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9006557

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 有機半導体素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 対向する 1 対の電極の間に成膜されたキャリア移動性の有機半導体層を備えた有機半導体素子であって、前記 1 対の電極の少なくとも一方と前記有機半導体層との間に接触して挿入されかつ前記接触する電極の仕事関数の値と前記有機半導体層のイオン化ポテンシャルの値との間の仕事関数又はイオン化ポテンシャルの値を有するバッファ層を備えることを特徴とする有機半導体素子。

【請求項 2】 前記有機半導体層は、p 型半導体であることを特徴とする請求項 1 記載の有機半導体素子。

【請求項 3】 前記バッファ層は、金属、金属酸化物又は有機化合物であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の有機半導体素子。

【請求項 4】 前記バッファ層は 5 0 0 0 Å 以下の膜厚を有することを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 記載の有機半導体素子。

【請求項 5】 前記バッファ層は 1 0 0 0 Å 以下の膜厚を有することを特徴とする請求項 4 記載の有機半導体素子。

【請求項 6】 前記バッファ層は島状に離散して形成されたことを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 記載の有機半導体素子。

【請求項 7】 前記 1 対の電極はソース電極及びドレイン電極であり、前記有機半導体層は前記ソース電極及びドレイン電極の間にチャンネルを形成できるように積層され、さらに、前記ソース電極及びドレイン電極の間の前記有機半導体層に電界を印加せしめるゲート電極を備えたことを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 記載の有機半導体素子。

【請求項 8】 前記ゲート電極を前記ソース電極及びドレイン電極から電気的に絶縁するゲート絶縁膜を備えたことを特徴とする請求項 7 記載の有機半導体素子。

【請求項 9】 前記ソース電極及びドレイン電極は共に前記有機半導体層の片側面に配置されたことを特徴とする請求項 7 記載の有機半導体素子。

【請求項10】 前記ソース電極及びドレイン電極はそれぞれ前記有機半導体層を挟んで両側に配置されたことを特徴とする請求項7記載の有機半導体素子。

【請求項11】 前記1対の電極はソース電極及びドレイン電極であり、前記有機半導体層は前記ソース電極及びドレイン電極の間に挟持されるように膜厚方向に積層され、かつ、前記有機半導体層に包埋されたゲート電極を備えたことを特徴とする請求項1～6のいずれか1記載の有機半導体素子。

【請求項12】 前記有機半導体層に包埋されたゲート電極は、格子状、櫛状又は簾状の形状を備えたことを特徴とする請求項11記載の有機半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、キャリア移動性の有機化合物を利用し、かかる有機化合物からなる有機半導体層を備えた有機半導体素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

ダイオードや、信号処理に必要なスイッチや増幅機能を行うトランジスタに用いられる半導体には、高いキャリア移動度や、低い暗電流や、低い駆動電圧や、複雑な素子構造など、の性能が要求されるので、シリコンに代表される無機半導体が、半導体素子の主役となっている。

【0003】

有機半導体では、その電気－光変換特性を利用した有機エレクトロルミネセンス装置が開発されている。さらに、有機半導体薄膜に電界を加えるとキャリア密度が増加するので、有機半導体薄膜上に1対の電極を設けその間に電流を流すことが可能になる。例えば、有機半導体薄膜上にソース電極及びドレイン電極を配置し、その間のゲート電極で薄膜の厚さ方向に電圧を印加し、有機半導体薄膜に沿った方向の電流をスイッチングできる。よって、有機トランジスタの研究もなされ、電気信号を利用して、接合界面（金属－有機半導体、有機半導体－有機半導体）にて、有機半導体中のキャリア（電子及び正孔）を制御する情報の伝達、

処理及び記録表示などの技術に有機半導体が利用されつつある。

【0004】

図1及び図2は有機半導体薄膜を用いた有機MOS-TFTの構造のボトムコンタクト型及びトップコンタクト型の例を示す。有機MOS-TFTは、基板10上にゲート電極14、ゲート絶縁膜12、ソース電極11及びドレイン電極15、並びに有機半導体層13を備えている。ゲート電極14としてはNi、Crなどが、ゲート絶縁膜12にはSiO₂、SiNなど金属の酸化物や窒化物などの無機物やPMMAなどの樹脂が、有機半導体層13にはペンタセンなどが、それぞれ用いられている。また、ソース電極11及びドレイン電極15にはPd、Auなどの単層膜が用いられている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、ソース電極から有機半導体層を介してドレイン電極へと電流が流れる際、各々の界面ではソース電極及びドレイン電極の仕事関数と有機半導体層のイオン化ポテンシャルの差による障壁が存在し、駆動電圧が高くなってしまっていた。

【0006】

本発明の解決しようとする課題には、駆動電圧の上昇を抑え得る有機半導体素子を提供することが一例として挙げられる。

【0007】

【課題を解決するための手段】

請求項1記載の有機半導体素子の発明は対向する1対の電極の間に成膜されたキャリア移動性の有機半導体層を備えた有機半導体素子であって、前記1対の電極の少なくとも一方と前記有機半導体層との間に接触して挿入されかつ前記接触する電極の仕事関数の値と前記有機半導体層のイオン化ポテンシャルの値との間の仕事関数又はイオン化ポテンシャルの値を有するバッファ層を備えることを特徴とする。

【0008】

【発明の実施の形態】

本発明による有機半導体素子として有機トランジスタの実施例を図面を参照しつつ説明する。

図 3 は実施形態のボトムコンタクト型有機トランジスタを示す。有機トランジスタは、ガラス、プラスチックなどの絶縁性の基板 1 0 上に形成されたゲート電極 1 4 上に形成されたゲート絶縁膜 1 2 と、この上に形成されたペンタセンなどのキャリア移動性の有機化合物からなる有機半導体層 1 3 と、ソース電極 1 1 及びドレイン電極 1 5 と有機半導体層 1 3 との間に接触して挿入されるように形成されたバッファ層 B F から構成されている。バッファ層 B F は、接触する電極の仕事関数と有機半導体層の仕事関数（又はイオン化ポテンシャル）との間の値のイオン化ポテンシャルを有する。ゲート電極 1 4 は対向するソース電極 1 1 及びドレイン電極 1 5 の間の有機半導体層 1 3 に電界を印加する。

【 0 0 0 9 】

図 4 は実施形態のトップコンタクト型有機トランジスタを示す。トップコンタクト型素子は、有機半導体層 1 3 が先に成膜され、その上にバッファ層 B F、ソース電極 1 1 及びドレイン電極 1 5 が順に形成されて、その積層順が逆の順となる以外、図 3 のボトムコンタクト型と同じ構成を有する。

有機半導体層 1 3 は電界印加によって正孔又は電子の輸送能力を有する有機化合物からなる。有機半導体層 1 3 は、それぞれキャリア輸送能力を有する有機化合物の薄膜からなる多層構造とすることもできる。有機半導体として、キャリア移動度が大きいペンタセンの他に、アントラセン、テトラセンなどの縮合環類も用いられる。

【 0 0 1 0 】

ソース電極 1 1 及びドレイン電極 1 5 には、例えば、A u、A l、C u、A g、M o、W、M g、Z nなどの金属が挙げられる。これらの中では、特に比抵抗が低いA l、C u、A g又はこれらを含む合金が好適である。

ゲート電極 1 4 は、ゲート絶縁膜 1 2 を介して電界を印加する場合、電極材料として一般に用いられるA l、C u、N i、C r、及びそれらを含む合金などが用いられる。

【 0 0 1 1 】

有機半導体中のキャリア移動のために、バッファ層 B F が有するイオン化ポテンシャルの条件すなわち、接触電極の仕事関数と有機半導体層のイオン化ポテンシャルとの間の仕事関数（又はイオン化ポテンシャル）の値は特に重要である。抵抗なくキャリアが移動するにはエネルギー障壁が小さいほうがよいからである。図 5 に示すように、金属からなるソース電極 1 1 及びドレイン電極 1 5 の仕事関数 W_f 及びバッファ層 B F の仕事関数 W_{fB} は真空準位（0 e V）から各フェルミ準位へと測定したエネルギーである。有機半導体層 1 3 のイオン化ポテンシャル I_p は真空準位から価電子帯 V B 上端の最高被占分子軌道（HOMO）準位へと測定したエネルギーである。なお、電子親和力 E_a は 0 e V の基準エネルギー準位の真空準位（VACUUM LEVEL）から伝導帯 C B 下端の最低空分子軌道（LUMO）準位へと測定したエネルギーである。

【 0 0 1 2 】

本実施形態の p 型有機半導体素子で使用するバッファ層 B F の材料としては、 $W_f < W_{fB} < I_p$ を満たすものが好ましい。かかるバッファ層 B F の挿入によって、ソース電極 1 1 からバッファ層 B F を介して有機半導体層へと障壁が段階的になり、電流が流れやすくなる。例えば、有機半導体層材料としてペンタセン（イオン化ポテンシャル $I_p = 5.06$ e V）、ソース電極及びドレイン電極として A u（仕事関数 $\phi = 4.58$ e V）を用いた場合、バッファ層の仕事関数（又はイオン化ポテンシャル）をこれらの間（4.58 ~ 5.06 e V）とすればよい。例えば、4.5 e V 以上のインジウムスズ酸化物（いわゆる I T O）、イリジウム亜鉛酸化物（いわゆる I Z O）、酸化錫、酸化亜鉛など、金属の酸化物や窒化物や酸化物、などがバッファ層 B F に用いられる。さらに、バッファ層 B F に接触電極の仕事関数の値と有機半導体層のイオン化ポテンシャルの値との間のイオン化ポテンシャル値を有する電荷輸送性例えば正孔輸送性を有する有機化合物を用いることができる。また、ソース電極 1 1 及びドレイン電極 1 5 間の絶縁が確保される場合、白金、パラジウム、クロム、セレン、ニッケルなどの金属若しくはこれらの合金、あるいは、ヨウ化銅など接触電極の仕事関数の値と有機半導体層のイオン化ポテンシャルの値との間の仕事関数値を有する金属若しくは合金もバッファ層 B F に用いられる。

【 0 0 1 3 】

バッファ層の膜厚は挿入による効果が発現する範囲であれば、できる限り薄い方が望ましい。一般に、バッファ層挿入の効果は、膜厚が 1 0 0 Å 以下の連続膜とならない不連続な島状構造であっても発現する。図 6 に示すようにバッファ層 B F の膜厚が非常に薄く島状構造となる場合、バッファ層に金属などの導電体を用いることもできる。この場合、バッファ層 B F が不連続な島状構造であるため、材料に導電性があっても横方向には電流が流れず、ソース電極及びドレイン電極間はショートしない。

【 0 0 1 4 】

バッファ層の具体的な膜厚は、最も好ましいのは 5 ~ 1 0 0 Å、好ましくは 1 0 0 ~ 1 0 0 0 Å、少なくとも 5 0 0 0 Å 以下にする必要がある。図 3 のようなボトムコンタクト型の素子では、バッファ層が厚いとチャネル部分に電流が流れにくくなるので、特にバッファ層の膜厚を薄くする方が好ましい。

これらバッファ層、ソース電極及びドレイン電極の成膜方法としては、蒸着法、スパッタ法、C V D 法など、任意の方法を用い得る。材料の使用効率、装置の簡便性を考慮するとスパッタ法が好ましい。

【 0 0 1 5 】

有機半導体層のペンタセンは、高い正孔移動度を示すキャリア輸送性材料である。このペンタセン有機半導体層を用いて、図 3 に示すボトムコンタクト型素子を作成すると、正孔輸送性（p 型）素子可以实现できる。

有機半導体層におけるキャリアが正孔の場合には正孔が移動できる正孔輸送性材料または両性輸送性材料が有機半導体として必要になり、キャリアが電子の場合には電子が移動できる電子輸送材料または両性輸送性材料が必要になる。正孔輸送材料又は両性輸送材料としては、銅フタロシアニン（copper-phthalocyanine）などが、電子輸送材としてはアルミニウムキノリノール錯体（tris-8-hydroxyquinoline aluminum）などがある。

【 0 0 1 6 】

上記実施例では、本発明をソース電極及びドレイン電極の両電極に適用したが、ソース電極とドレイン電極の何れか一方の電極のみに適用することもできる。

さらに、他の実施形態では図 7 及び図 8 に示すトップコンタクト型及びボトムコンタクト型の有機トランジスタのように、ソース電極 1 1 及びドレイン電極 1 5 の直下部分にのみバッファ層 B F 1 及び B F 2 を形成しても良い。

【 0 0 1 7 】

また、上記実施例では T F T 単体の作製における実施例を示したが、本発明による T F T を L C D、E L など表示装置の画素の駆動に用いることもできる。具体的には、少なくとも本発明による有機トランジスタを 1 つ以上、コンデンサなど必要な素子、画素電極などを共通の基板上に作製すれば、本発明による有機 M O S - T F T を用いたアクティブ駆動型の表示装置を実現できる。例として、図 9 は本発明を T F T - L C D 表示装置に適用した場合の表示装置の基板構造を示す。表示装置において、バッファ層 B F 上に積層されたソース電極 1 1 が L C D の画素電極 2 0 に接続され、有機半導体層 1 3 が保護膜 2 1 で被覆されている。

【 0 0 1 8 】

さらに、図 1 0 に示すように、他の実施形態の有機トランジスタとして縦型構造の S I T（静電誘導形トランジスタ）に適用できる。積層膜厚方向の電流をスイッチングできる S I T は、各々が積層されたソース電極 1 1 及びドレイン電極 1 5 接触したバッファ層 B F 1 及び B F 2 で有機半導体層 1 3 を挟み、有機半導体層 1 3 の厚さ方向の中間に包埋された多孔性のゲート電極 1 4 を有した 3 端子構造を有する。そのゲート電極 1 4 に電圧を印加したとき、ゲート電極周りの有機半導体に生じる空乏層によってドレイン及びソース間の電流を制御できる。

【 0 0 1 9 】

またさらに、図 1 1 に示すように、有機トランジスタは、互いに積層されたゲート電極 1 4、ソース電極 1 1 及びドレイン電極 1 5 から構成されていればよく、図 3 とは逆の順序すなわち、基板 1 0 上に、ソース電極 1 1 及びドレイン電極 1 5、バッファ層 B F 1 及び B F 2 並びにソース電極 1 1 及びドレイン電極 1 5 を形成し、有機半導体層 1 3、ゲート絶縁膜 1 2、並びにゲート電極 1 4 の順で積層して形成してもよい。

【 0 0 2 0 】

同様に、図 1 2 に示すように、有機トランジスタは、有機半導体層 1 3 を挟ん

で、バッファ層 B F 1 及び B F 2 並びにソース電極 1 1 及びドレイン電極 1 5 を形成し、ゲート絶縁膜 1 2 を介してゲート電極 1 4 を離間させるように形成してもよい。

本実施形態による有機 M O S - T F T 素子は、ソース電極及びドレイン電極と有機半導体層の間に、仕事関数（又はイオン化ポテンシャル）が、ソース電極及びドレイン電極の仕事関数と有機半導体層のイオン化ポテンシャルの間であるバッファ層を挿入した構造としたため、電極からバッファ層を介して有機半導体層へと障壁が段階的になり、電流が流れやすくなって、ソース電極及びドレイン電極間の駆動電圧を低くできるので、消費電力が小さい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

有機トランジスタを示す断面図。

【図 2】

有機トランジスタを示す断面図。

【図 3】

本発明による実施形態の有機トランジスタを示す断面図。

【図 4】

本発明による他の実施形態の有機トランジスタを示す断面図。

【図 5】

本発明による実施形態の有機半導体素子の一部のエネルギー準位を示す図。

【図 6】

本発明による他の実施形態の有機トランジスタを示す断面図。

【図 7】

本発明による他の実施形態の有機トランジスタを示す断面図。

【図 8】

本発明による他の実施形態の有機トランジスタを示す断面図。

【図 9】

本発明による他の実施形態の有機トランジスタ発明を T F T - L C D 表示装置に適用した場合の表示装置の基板構造を示す部分断面図。

【図 1 0】

本発明による他の実施形態の有機トランジスタを示す断面図。

【図 1 1】

本発明による他の実施形態の有機トランジスタを示す断面図。

【図 1 2】

本発明による他の実施形態の有機トランジスタを示す断面図。

【符号の説明】

1 0 基板

1 1 ソース電極

1 2 ゲート絶縁膜

1 3 有機半導体層

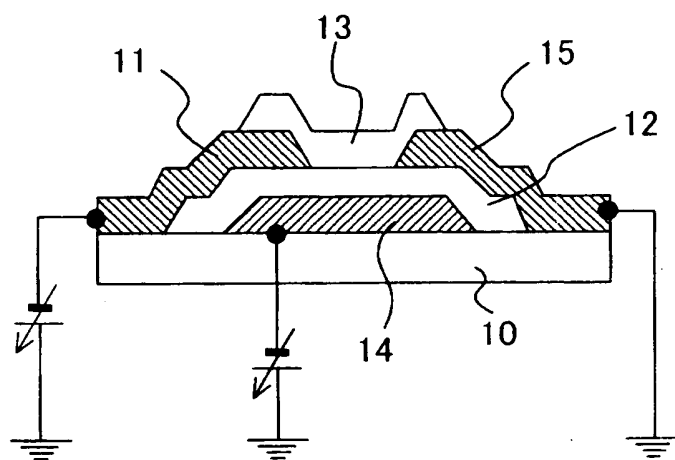
1 4 ゲート電極

1 5 ドレイン電極

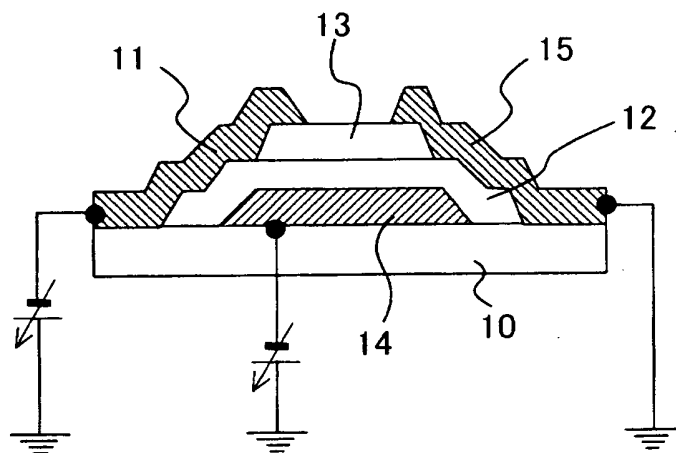
B F、B F 1、B F 2 バッファ層

【書類名】 図面

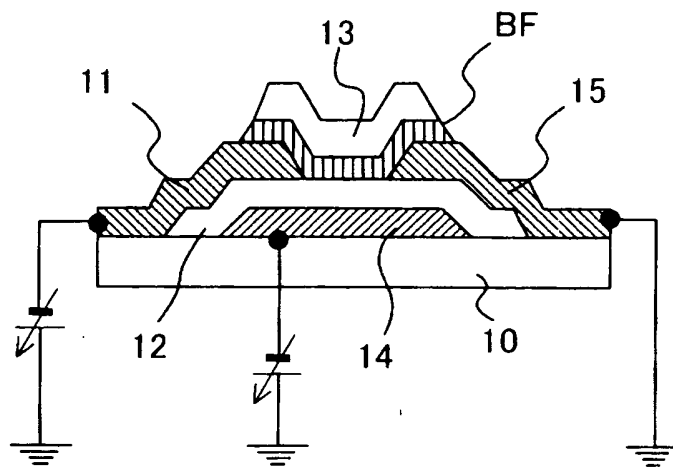
【図 1】



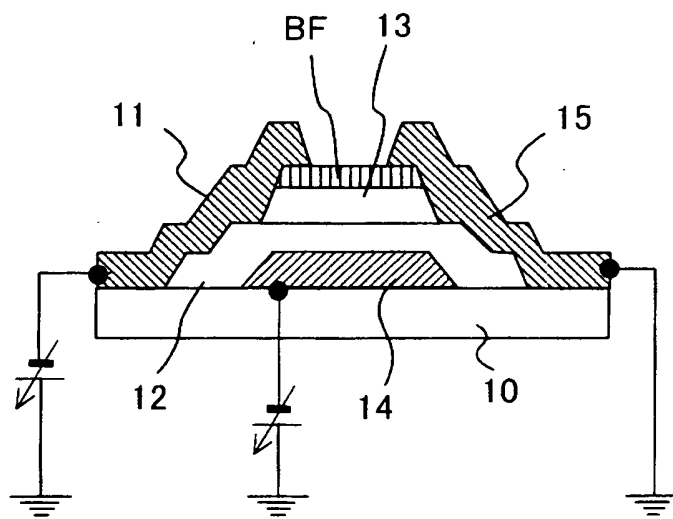
【図 2】



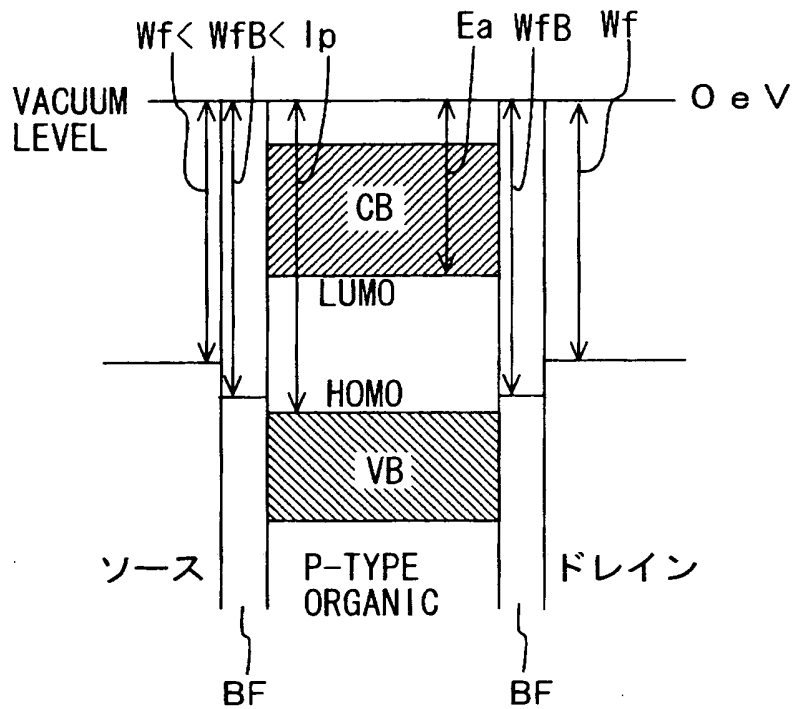
【図 3】



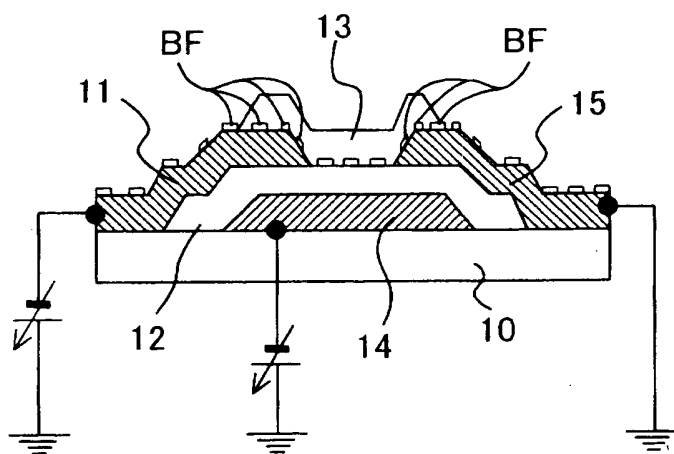
【図 4】



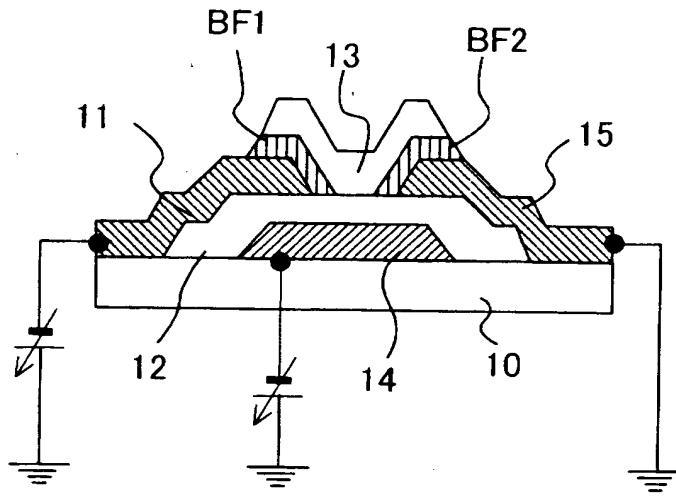
【図 5】



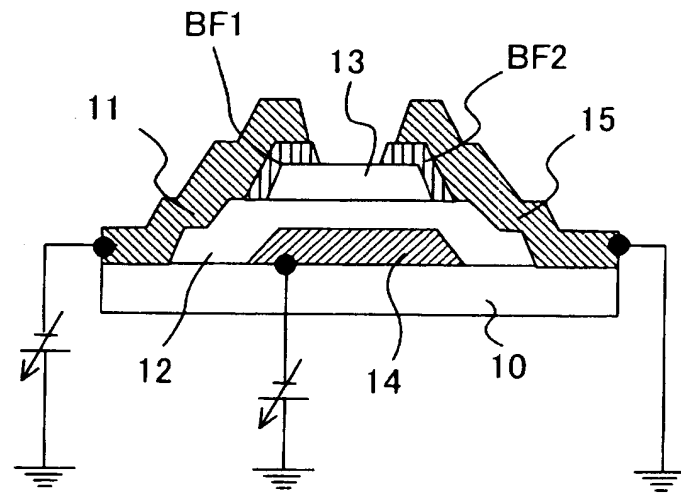
【図 6】



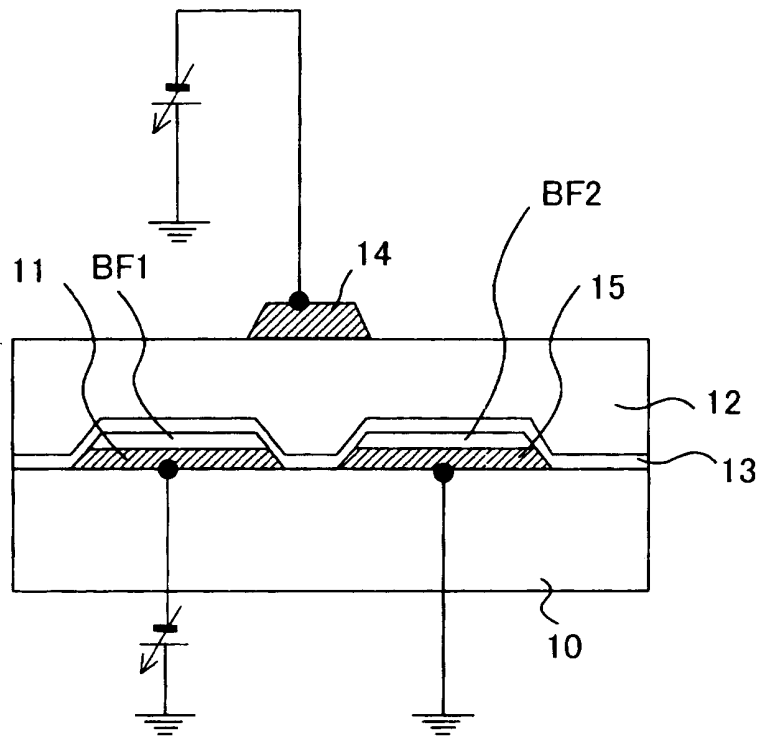
【図 7】



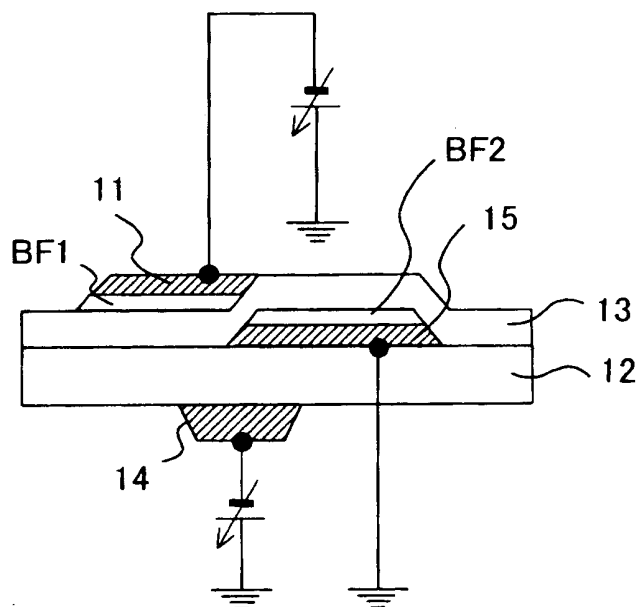
【図 8】



【図 1 1】



【图 12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 駆動電圧の上昇を抑え得る有機半導体素子を提供する。

【解決手段】 対向する 1 対の電極の間に成膜されたキャリア移動性の有機半導体層を備えた有機半導体素子は、1 対の電極の少なくとも一方と有機半導体層との間に接触して挿入されかつ接触する電極の仕事関数の値と有機半導体層のイオン化ポテンシャルの値との間の仕事関数又はイオン化ポテンシャルの値を有するバッファ層を含む。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005016]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都目黒区目黒1丁目4番1号

氏 名 パイオニア株式会社